

当院の循環器専用IVR室における空間線量分布の作成及び 天吊防護板適切位置の検討 —術者の水晶体被曝低減に向けて—

山下 雄也

長尾 好浩

泉 翔一

赤川 拓也

福井 義治

徳島赤十字病院 放射線科部

要 旨

2011年の国際放射線防護委員会による声明を受けて、本邦でも2021年4月に放射線業務従事者の眼の水晶体等価線量限度が引き下げられた。加えて、心血管領域のカテーテル治療において手技が高度化していることから、透視時間が長時間に及ぶことがあり、術者の水晶体被曝防護は重要である。

そこで本研究の目的は、循環器専用IVR（Interventional Radiology）室での散乱線による空間線量率の測定及び線量分布を作成し、天吊防護板の有用性と配置位置の違いが術者の水晶体被曝に与える影響を検討することである。

胸部ファントムに対してバイプレーン透視を行った。水晶体の高さを想定して床から150cmの高さにサーベイメータを設置し、空間線量率を測定した。管球角度は当院での心臓カテーテル治療に通常使用する角度（右冠動脈1方向，左冠動脈3方向）とした。天吊防護板が無い場合と天吊防護板がある場合について空間線量率及び線量分布を比較した。天吊防護板は術者に対して90°及び45°に配置した。術者位置にて空間線量率は天吊防護板無しと比べ、天吊防護板90°と45°でそれぞれ平均91.2%と平均92.7%減少した。また、助手位置にて平均62.9%と平均80.4%減少した。

心血管領域のカテーテル治療において天吊防護板を使用することで術者への水晶体被曝低減につながることを再確認し、また天吊防護板の配置を適正にすることで助手となる術者への水晶体被曝低減の可能性が示唆された。

キーワード：心臓カテーテル、水晶体被曝低減、天吊防護板、空間線量分布、胸部ファントム

はじめに

2011年に国際放射線防護委員会（ICRP：International Commission on Radiological Protection）はソウル声明にて計画被曝状況にある職業被曝に関する水晶体の等価線量限度について、「定められた5年間の平均で20mSv/年、かついずれの1年においても50mSv/年を超えない」ことを勧告した¹⁾。これを受けて本邦でも電離放射線障害防止規則が一部改定され、2021年4月より施行となった。主要な診療科別の水晶体被曝状況によると水晶体等価線量が一年あたり20mSvを超えた割合が最も高かったのは循環器内科であった²⁾。近年、心血管領域のカテーテル治療において手技が高度化していることから、透視時間が長時間に及ぶことがあり、術者の水晶体被曝防護は重要である³⁾。当院においてもこれまで循環器

専用IVR（Interventional Radiology）室にてアクリルファントムを用いて空間線量分布を作成し、医療スタッフへの被曝防護教育等に役立ててきた。しかし、より実際の手技環境に近い胸部ファントム及びバイプレーン透視下にて空間線量分布を作成し、術者の水晶体被曝に影響のある天吊防護板の適切な配置について検討する必要があると考えた。

そこで本研究の目的は、胸部ファントムを用いてバイプレーン透視下による空間線量率の測定及び線量分布を作成し、天吊防護板の有用性と配置位置の違いが術者の水晶体被曝に与える影響を検討することである。

使用機器等

アンギオ装置：Trinias MIX Package B8（島津製作

所社製) (付加フィルタ: 0.3mmCu+1.5mmAl)
 胸部ファントム: N-1ラングマン(KYOTO KAGAKU社製)
 胸・腹部用X線ファントム: WAC型(KYOTO KAGAKU社製)
 電離箱サーベイメータ: ICS-323C(日立アロカメディカル株式会社)

方 法

循環器専用IVR室にて現行の経大腿アプローチによる心臓カテーテル治療を想定し、空間線量率を測定した。ファントムは実臨床の患者同様に設置し、バイプレーン透視により空間線量率を計測をした。アイソセンター位置はファントムの胸部左にある心臓を中心とする位置とした。管球角度は当院で用いられる右冠動脈用角度1方向と左冠動脈用角度3方向

とした。その際の幾何学的条件及び透視条件を表1に示す。次に室内の幾何学的配置を図1に示す。黒点位置にて空間線量率を測定した。サーベイメータの高さは水晶体の高さを想定して床から150cmの高さとした。また、天吊防護板を術者位置左側に設置し、配置角度を術者体前面に対して90°と45°と変化させ、それぞれ図2で示す黒点及び灰点位置にて空間線量率を測定した。黒点の位置は天吊防護板無しで計測した際の位置を使用した。得られた空間線量率の値を用いて作図ソフトGraph-Rにて空間線量分布を作図した。また、天吊防護板の有無及び天吊防護板配置角度ごとに術者位置及び助手位置の空間線量率を比較した。

表1. 管球角度ごとの透視条件及び幾何学的条件

	右冠動脈				左冠動脈			
	角度①		角度②		角度③		角度④	
	正面	側面	正面	側面	正面	側面	正面	側面
角度(°)	RAO10, CRA30	LAO45	RAO30, CAU30	LAO45, CAU30	RAO30, CRA30	LAO45, CRA20	CRA35	LAO90
管電圧(kV)	88	79	81	87	86	91	92	78
mAs値	4.6	3.8	4.0	4.8	4.6	5.5	5.7	3.7
SID(cm)					110			
Bed Hight(cm)					89			
照射野サイズ(inch)					6 × 6			

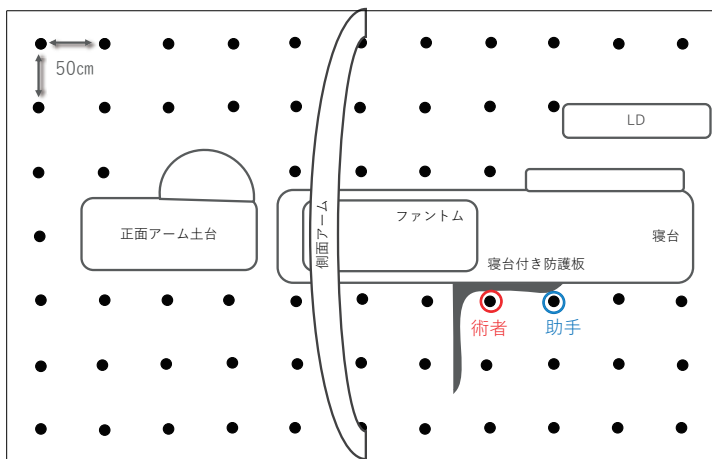


図1. 室内の幾何学的配置 (a)



(b)

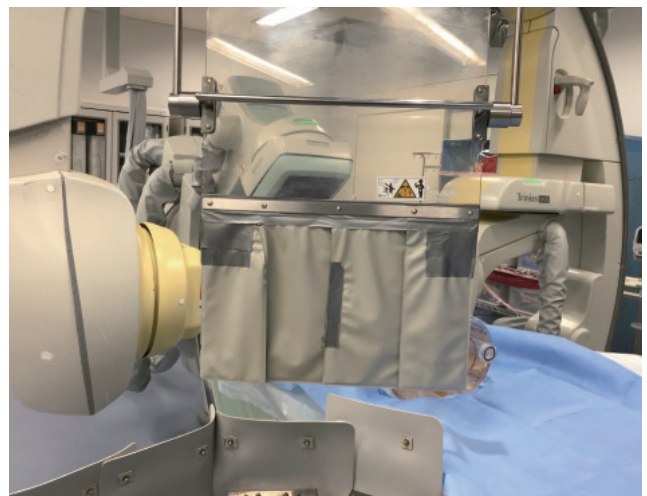
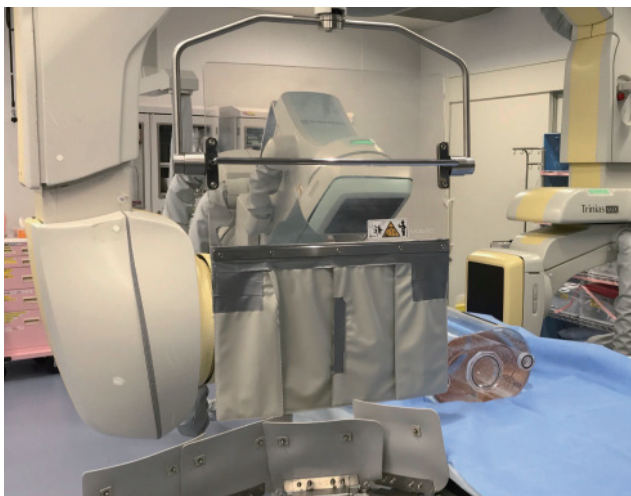
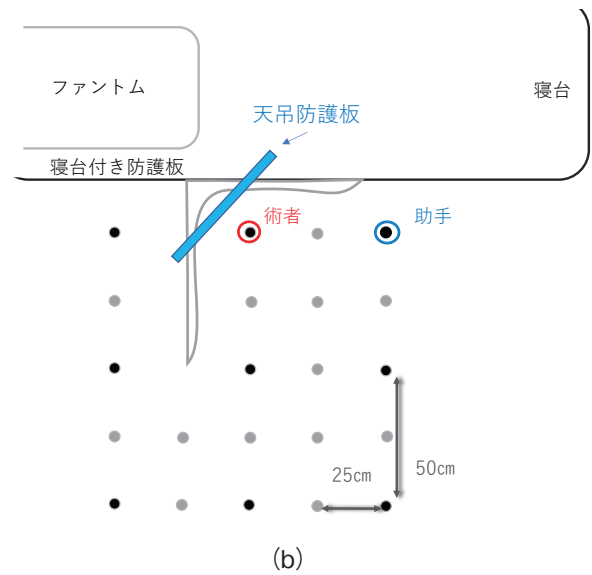
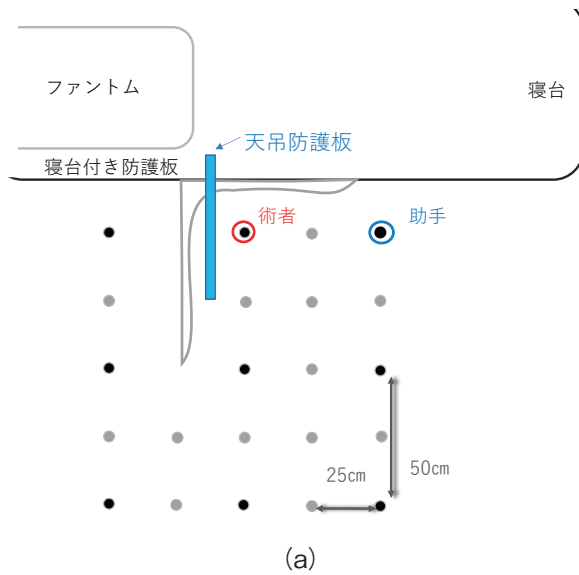


図2. 天吊防護板を設置して空間線量率を測定した時の幾何学的配置：術者体前面に対して防護板角度を(a), (c) : 90°, (b), (d) : 45°とした

結果

今回の測定値により得られた天吊防護板無しでの空間線量分布を図3に示した。カラースケールは図右に示す通りで、500 μSv 毎時を赤、0 μSv 毎時を青として作図した。空間線量率が測定できた点は角度①で58点、角度②で59点、角度③で58点、角度④で56点であった。管球角度によって測定できない点があり、測定できなかった点は0 $\mu\text{Sv/h}$ とした。

次に、天吊防護板有りでの空間線量分布を図4に

示した。カラースケールは図右に示す通りで、500 μSv 毎時以上を赤、0 μSv 毎時を青とし、低線量域を明瞭に表現するため12.5 μSv 毎時にスケール分けし作図した。角度③のみ管球位置により測定できない箇所があり測定点は17点で、それ以外の角度は22点で計測した。術者位置と助手位置について天吊防護板の有無による空間線量率を角度ごとに表2と図5に示した。また、天吊防護板有りの空間線量率を天吊防護板無しの空間線量率で除することで天吊防護板によ

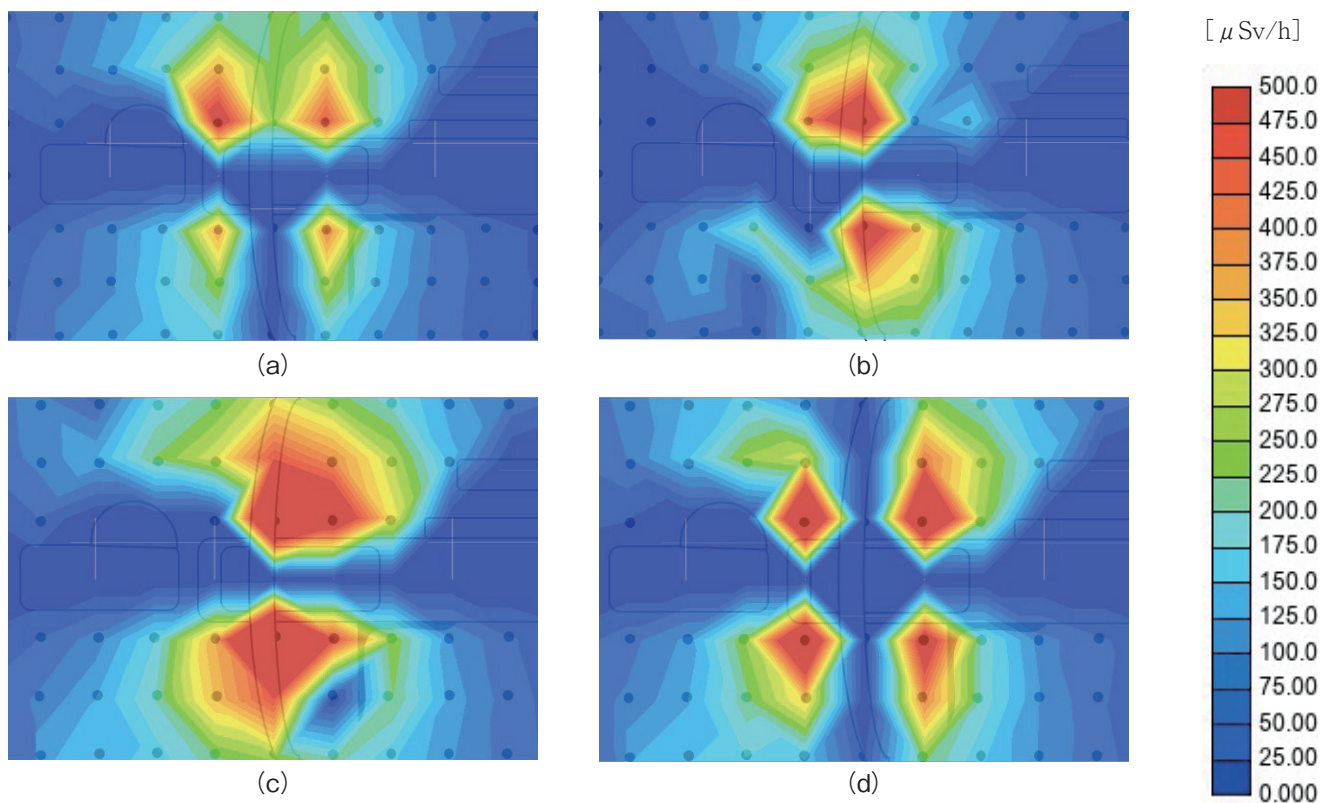


図 3.空間線量分布（天吊防護板無し） (a) : 角度①, (b) : 角度②, (c) : 角度③, (d) : 角度④

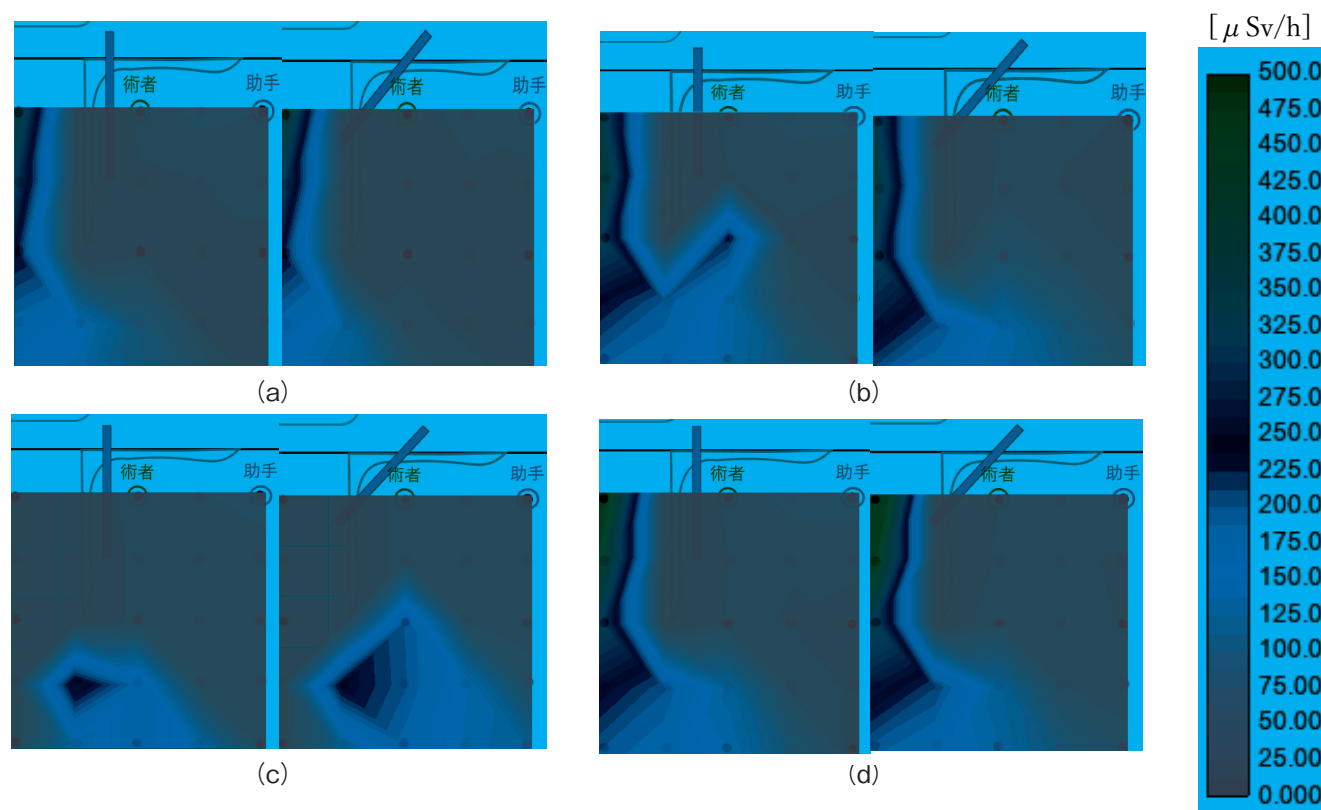


図 4.天吊防護板を術者に対して90°（左図）と45°（右図）に設置した場合の空間線量分布.

(a) : 角度①, (b) : 角度②, (c) : 角度③, (d) : 角度④

表2.術者，助手位置について天吊防護版の有無による管球角度毎の空間線量率変化

	防護板無し		防護板90°		防護板45°	
	術者位置	助手位置	術者位置	助手位置	術者位置	助手位置
角度①	149	70.7	16.1	25.1	10.7	18.5
角度②	171	83.9	15.2	30.3	14.3	12.2
角度③	248	99	19	35.2	17.6	16.7
角度④	188	83.2	14.5	34.2	12.5	17.3

*値は空間線量率 (μSv/h)

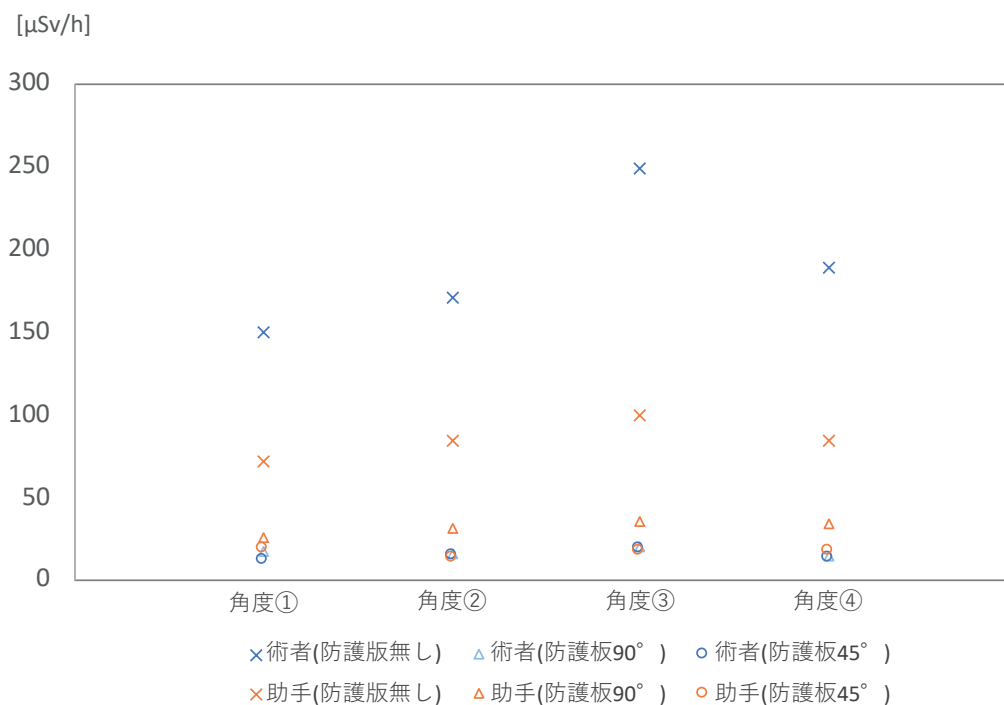


図5.術者，助手位置について天吊防護版の有無による管球角度毎の空間線量率変化

表3.天吊防護板による減弱率

	防護板90°		防護板45°	
	術者位置	助手位置	術者位置	助手位置
角度①	89.2	64.5	92.8	73.8
角度②	91.1	63.9	91.6	85.5
角度③	92.3	64.4	92.9	83.1
角度④	92.3	58.9	93.4	79.2
平均	91.2	62.9	92.7	80.4

*値は%

る減弱率を術者位置と助手位置でそれぞれ算出した(表3)。

考 察

本研究では循環器専用IVR室にてアンギオ装置を使用し、胸部ファントムに対して心臓カテーテル治療時に通常使用される角度にてバイプレーン透視をすることで空間線量率を測定した。その得られた結果を用いてIVR室内の空間線量分布を作成した。さらに、天吊防護板を設置した状態で天吊防護板角度90°と45°の2通りについて空間線量率を測定し、術者位置と助手位置での空間線量率を比較した。IVR室全体の空間線量分布では角度③正面管球RAO30°CRA30°側面管球LAO45°CRA20°において500 μ Sv/hを超える範囲が多かった。天吊防護板を設置した場合には、天吊防護板が無い場合に比し、術者位置にて防護板角度、管球角度に関わらず空間線量率は90%以上減弱した。助手位置に関しては全ての管球角度において天吊防護板45°で減弱率が高かった。

Jia氏らによる研究で心臓カテーテルにおけるシングルプレーンによって適切な天吊防護板位置の検討がなされた⁴⁾。その際の天吊防護板位置は術者に近い術者左側面及び斜め、患者に近い斜めであった。結果は術者に近い斜めが最も減弱効果があった。本研究では術者に近い斜めの天吊防護板位置を天吊防護板45°とした。加えて、バイプレーンを使用することによる側面管球からの直接X線と側面管球側の側方散乱線を考慮し、術者に近い左側面位置の天吊防護板90°を採用した。

天吊防護板を置かないIVR室全体の空間線量分布では、角度③の透視条件が高くなったことで500 μ Sv/hを超える範囲が多かったと考えられるが、透視条件が高くなった理由として、照射野に含まれる横隔膜面積が大きかったことが考えられる。また、カテーテル検査に関わる医療スタッフに対して側面管球側に近づかないように啓蒙されることがある⁵⁾が本研究の結果よりバイプレーン使用下では側面管球側と側面ディテクター側で明らかな空間線量率の差は確認できなかった。この理由として本研究では床から150cmの高さでサーベイメータによって空間線量率を測定したことで、ファントム左側にある心臓をアイソセンターの中心としたことで正面管球からのファ

ントムを透過したX線によって側面ディテクター側でも高い空間線量率となったと考えられる。術者位置における天吊防護板の減弱率はJia氏や水谷氏による報告⁶⁾と同様であった。側面管球の管電圧が高い角度ほど助手位置における天吊防護板による減弱率は高かった。これは助手位置においてファントムからの散乱線による影響が主であるためであり、天吊防護板を45°に配置することでファントムから助手位置方向への散乱線を減弱することができたと考えられる。

本研究における制限が考えられる。循環器専用IVR室での空間線量分布の作成に胸部ファントム及び腹部ファントムを使用した。ファントムには腕部分がなかった。また、実臨床では体型の違いにより、透視条件や照射断面角度、散乱線の発角度などが変わり、本研究で得られた散乱線分布と異なる可能性がある。次に、術者と助手の立ち位置について本研究では全ての角度で同じ立ち位置としていたが、管球角度やアクセス血管によって多少術者の位置が変動すると考えられる。しかしながら本研究のように術者の位置が防護板の中心にある場合、散乱線から水晶体を守ることができると考える。

結 語

バイプレーン使用下における心血管領域のカテーテル治療において天吊防護板を使用することで術者への水晶体被曝低減につながることを再確認し、また天吊防護板の配置を適正にすることで、助手となる術者への水晶体被曝低減の可能性が示唆された。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反はなし。

参考文献

- 1) Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, et al : ICRP publication 118 : ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs -- threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Ann ICRP 2012 ; 41 : 1-322

- 2) 第2回 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会：資料5 櫻田委員提出資料「眼の水晶体等価線量分布（医療分野）」.
- 3) Kato M, Chida K, Sato T, et al : The necessity of follow-up for radiation skin injuries in patients after percutaneous coronary interventions : radiation skin injuries will often be overlooked clinically. Acta Radiol 2012 ; 53 : 1040-4
- 4) Jia Q, Chen Z, Jiang X, et al : Operator Radiation and the Efficacy of Ceiling-Suspended Lead Screen Shielding during Coronary Angiography : An Anthropomorphic Phantom Study Using Real-Time Dosimeters. Sci Rep 2017 ; 7 : doi : 10.1038/srep42077
- 5) 医療スタッフの放射線安全に係るガイドライン [internet]. <https://www.jsrt.or.jp/data/bougo/> [accessed 2021-12-22]
- 6) 水谷宏, 小林幸雄, 才田壽一, 他 : 血管撮影における標準的な術者防護用具検討班報告. 日放線技会誌 2001 ; 57 : 1469-78

Preparation of Air Dose Distribution and Optimized Positioning of the Ceiling-suspension Protective Shield in Our Dedicated Cardiovascular Interventional Radiology Room—Toward Reducing Radiation Exposure to the Surgeon's Lens

Yuya YAMASHITA, Yoshihiro NAGAO, Shoichi IZUMI
Takuya AKAGAWA, Yoshiharu FUKUI

Department of Radiological Technology, Tokushima Red Cross Hospital

In response to the statement issued by the International Commission on Radiological Protection in 2011, the equivalent eye lens dose limit for radiation workers in Japan was lowered in April of 2021. In addition, because of the increasing sophistication of catheterization procedures in the cardiovascular field, fluoroscopy time may be prolonged, and protection of the surgeon's lens from radiation has become critical. Therefore, in this study, we aimed to measure the air dose rate from scattered radiation, prepare air dose distributions in a dedicated cardiovascular interventional radiology room, and investigate the usefulness of a ceiling-suspension protective shield and the effects of different shield angles on the surgeon's lens exposure. A chest phantom was used for biplane fluoroscopy. A survey meter was placed at a height of 150 cm from the floor, assuming the height of the lens, and the air dose rate was measured. The tube angle was set at the angle normally used for cardiac catheterization at our hospital (right coronary artery in one direction, left coronary artery in three directions). The air dose rates and air dose distributions were compared for cases without and with the ceiling-suspension protective shield. The shield was positioned at angles of 90° and 45° relative to the surgeon. At the surgeon's position, the air dose rates were reduced by averages of 91.2% and 92.7% for angles of 90° and 45°, respectively, compared with those without the shield. At the assistant's position, the air dose rates were reduced by averages of 62.9% and 80.4%, respectively. Overall, these findings confirmed that the use of a ceiling-suspension protection shield during cardiovascular catheterization reduced lens radiation exposure for the surgeon. Our results also suggested that lens radiation exposure may be reduced for the assistant surgeon by proper placement of the shield.

Key words : cardiac catheter, lens exposure reduction, ceiling-suspension protective shield, air dose distribution, chest phantom

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 27 : 62-69, 2022
